

лизующейся поврежденности материала. Полученные данные могут быть использованы для построения кинетических моделей разрушения (см. [10] и последующие работы данного направления), где прогресс несколько тормозится недостатком количественной информации по поврежденности материалов в условиях динамического ударно-волнового нагружения.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Романченко В.И., Степанов Г.В., Астанин В.В и др. Определение прочности соединений материалов при импульсном нагружении // Пробл. прочности. — 1977. — № 6. — С. 80—82.
2. Anderholm N.C., Goodman A. Method and apparatus for measuring adhesion of material bonds: Pat. 3605486 USA, IC G 01 N 3/30. — Publ. 20.09.1971.
3. Голубев В.К., Новиков С.А., Сеницына Л.М. Способ испытания материалов на разрыв: А.с. 864050 СССР, МКИ С 01 № 3/30. — Оpubл. 15.09.1981. Бюл. № 34.
4. Голубев В.К., Рабинович К.Г., Тукмаков В.П. и др. К определению динамической прочности гальванического медного покрытия на стали // Пробл. прочности. — 1992. — № 1. — С. 89—91.
5. Рыбаков А.П., Ментшев Е.В., Шавков В.П. Действие взрыва листового заряда ВВ на металлические пластины // ФГВ. — 1968. — 4, № 1. — С. 126—128.
6. Иванов А.Г., Огородников В.А., Тюнькин Е.С. и др. О зависимости удельной работы отрыва при отколе от интенсивности ударно-волнового нагружения // Докл. IV Всесоюз. совещания по детонации. — Черноголовка: ОИХФ АН СССР, 1988. — Т. 1. — С. 175—179.
7. Голубев В.К., Крысанов Ю.А., Новиков С.А. и др. О механическом нагружении преград скользкой детонацией тонкого слоя ВВ // ФГВ. — 1991. — 27, № 4. — С. 94—99.
8. Breed B.R., Mader C.L., Venable D. Technique for the determination of dynamic — tensile — strength characteristics // J. Appl. Phys. — 1967. — 38, N 8. — P. 3271—3275.
9. Голубев В.К. Прочность и разрушение материалов при интенсивных динамических нагрузках. Металлы и сплавы: Обзор. — М.: ЦНИИАтоминформ, 1989. — 123 с.
10. Seaman L., Curran D.R., Shockey D.A. Computation models for ductile and brittle fracture // J. Appl. Phys. — 1976. — 47, N 11. — P. 4814—4826.

607200, Арзамас-16,  
ВНИИЭФ

Поступила в редакцию  
14/IX 1993

УДК 534.222.2

*Д.И. Мацуков, В.С. Соловьев, С.В. Сорокин*

### О СТРУКТУРЕ ФРОНТА ПУЛЬСИРУЮЩЕЙ ДЕТОНАЦИИ

Приводятся результаты экспериментов по регистрации процесса отражения детонационной волны в смеси нитрометана с ацетоном от прозрачного сапфирового окна. Показано, что при отражении остаются невзорвавшиеся области, несмотря на повышение температуры на 760—800 К и давления на 7,8 ГПа, а поперечное перемещение ярких областей прекращается. Полученные результаты находятся в противоречии с существующей схемой появления очагов реакции по механизму адиабатического теплового взрыва и требуют корректировки представлений о схеме пульсирующей детонации.

Представление о структуре фронта пульсирующей детонации дано в работах [1, 2] и связано с механизмом адиабатического теплового взрыва, приводящего к появлению очагов вследствие случайных причин, например флуктуаций температуры. Схема очага, заимствованная из [2], приведена на рис. 1.

Проведены эксперименты, результаты которых позволяют, в отличие от [1, 2], иначе взглянуть на структуру пульсирующей детонации. Схема экспериментов показана на рис. 2. Свечение детонационного фронта и продуктов реакции за ним до и после отражения детонационной волны (ДВ) от поверхности сапфирового окна наблюдали с помощью регистратора 8 с электронно-оптическим преобразователем, работающим как в режиме щелевой развертки в одних экспериментах, так и в режиме покадровой съемки в

© Д.И. Мацуков, В.С. Соловьев, С.В. Сорокин, 1994.

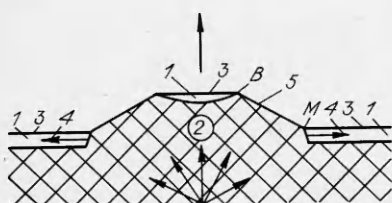


Рис. 1. Структура неоднородности неустойчивого детонационного фронта.

1 — слой ударно-сжатого ВВ; 2 — продукты взрыва; 3 — прямая УВ; 4 — поперечная волна, осуществляющая детонацию слоя ударно-сжатого ВВ; 5 — косая волна, возникающая из-за бокового расширения продуктов взрыва; М — тройная точка; В — точка срыва химической реакции за косой детонационной волной.

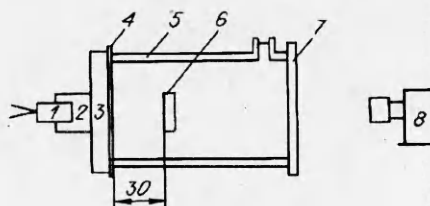


Рис. 2. Схема эксперимента.

1 — электродетонатор; 2 — тетриловая шашка диаметром 20 мм; 3 — таблетка из флегматизированного гексогена диаметром 64 и толщиной 10 мм, массой 52 г; 4 — алюминиевая фольга толщиной 0,15 мм; 5 — пластиковый цилиндрический корпус, облицованный изнутри медной фольгой толщиной 0,1 мм и наполненный смесью нитрометана с ацетоном (80 : 20 по объему); 6 — окно из искусственного сапфира диаметром 18 и толщиной 5 мм, укрепленное на тонких распорках; 7 — прозрачная пластина из оргстекла; 8 — фоторегистратор.

других. Сапфировое окно оставалось прозрачным как до подхода к нему ДВ, так и во время прохождения по нему УВ (по крайней мере в течение 0,5 мкс после подхода к окну детонационной волны), что позволяло наблюдать за свечением продуктов реакции до и после отражения детонационной волны от окна. Разрушение окна происходило после выхода ударной волны на его тыльную поверхность.

Если придерживаться изложенной в [1, 2] модели, то при отражении волны пульсирующей детонации от жесткой преграды условия для догорания остатков непрореагировавшего ВВ существенно улучшатся. Температура ударно-сжатого слоя (см. рис. 1) возрастет, по нашим оценкам, на 760—800 К. Это должно привести к уменьшению периода индукции в слоях 1 и увеличению скорости детонации поперечной волны 4. В экспериментах должна быть зафиксирована вспышка смеси по всей поверхности сапфира при отражении от него ДВ.

Щелевая фоторазвертка процесса отражения пульсирующей детонации в смеси нитрометана с ацетоном от сапфирового окна приведена на рис. 3. При отражении ДВ от сапфирового окна часть смеси ярко вспыхивает, но и остаются области невспыхнувшей смеси, что видно по темным полосам, перемещение светлых полос в поперечном к детонации направлении прекращается. За сапфировым окном детонация срывается. Волна отсутствия реакции идет от окна к боковой стенке сосуда. И только примерно через 3 мкс после отражения ДВ от окна в объеме смеси за ним наблюдается взрыв сначала в режиме с однородным свечением. Щелевая фоторазвертка не дает полного представления о процессе пульсирующей детонации, так как явление носит случайный трехмерный характер, что видно из кинограммы этого же процесса, приведенной на рис. 4.

Изучение регистрограмм показывает, что отражение детонационной волны от сапфирового окна сопровождается увеличением яркости свечения участков, которые светились до отражения. Темные участки остаются темными. Вспышка смеси по всей поверхности сапфира не наблюдается. Или, согласно схеме на рис. 1, ударно-сжатая область 1 непрореагировавшей смеси не взрывается при отражении волны, несмотря на увеличение температуры на 760—800 К и давления на 7,8 ГПа, а поперечная волна 4 перестает распространяться. Ярче вспыхивают только продукты детонации косой волны 5. Это противоречит практике поведения ВВ.

Необходимо отметить, что и расчеты [3] привели к выводу о невоз-

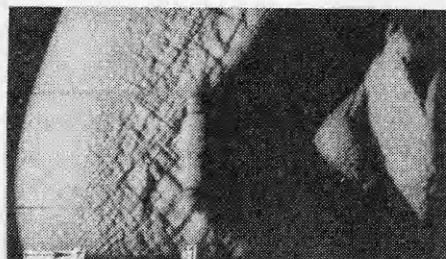


Рис. 3. Фоторегистрограмма щелевой развертки (1 — отражение детонационной волны от сапфирового окна).

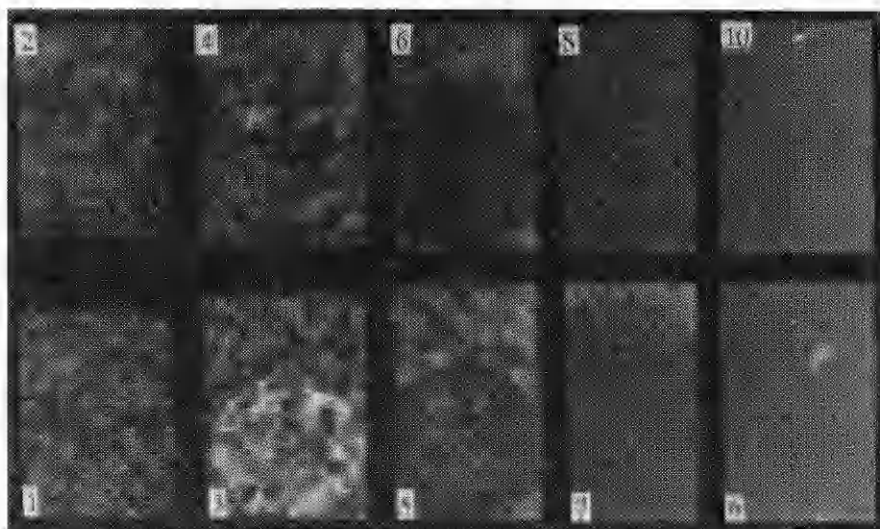


Рис. 4. Кинограмма отражения ДВ от сапфирового окна на кадре 3. Время между кадрами 0,2 мкс.

возможности согласовать течение около точки *M* (см. рис. 1). Пульсирующая детонация в смеси нитрометана с ацетоном проявляет и другие свойства [4], не вытекающие из ее схемы [1, 2].

На основании приведенных результатов следует полагать, что для исследуемого процесса в смеси нитрометана с ацетоном требуется корректировка представлений о схеме детонации.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Дремин А.Н., Савров С.Д., Трофимов В.С. и др. Детонационные волны в конденсированных средах. — М.: Наука, 1970.
2. Дремин А.Н. Пульсирующий детонационный фронт // ФГВ. — 1983. — 19, № 4. — С. 159.
3. Нелин В.М., Трофимов В.С. Определение элементов структуры детонационного фронта в смеси нитрометана и ацетона // Детонация. Критические явления. Физико-химические превращения в ударных волнах. — Черноголовка, 1978. — С. 11.
4. Мацуков Д.И., Соловьев В.С., Сорокин С.В. Особенности детонационного превращения смесей нитрометана с ацетоном. — Деп. в ЦНИИНТИ, 1990, ДР-580.

606002, г. Дзержинск,  
НИИМАШ

Поступила в редакцию 5/VI 1993,  
после доработки — 19/X 1993

УДК 662.46

*В.В. Андреев, А.Я. Даммер, Л.А. Лукьянчиков*

### ИНИЦИИРОВАНИЕ И РАСПРОСТРАНЕНИЕ ДЕТОНАЦИИ В СУХИХ И ВОДОНАПОЛНЕННЫХ ЗАРЯДАХ ВВ МАЛОГО ДИАМЕТРА

Проведены эксперименты по инициированию и распространению детонации в сухих и водонаполненных детонирующих шнурах. Исследование структуры фронта детонации электромагнитными методами и скоростной фоторегистацией выхода свечения на торец показало, что при увлажнении заряда подавляются неидеальные режимы детонации, определяющие чувствительность ВВ к инициированию слабой ударной волной.

© В.В. Андреев, А.Я. Даммер, Л.А. Лукьянчиков, 1994.